

电力绝缘子选型、运行、检修 及污闪、雷害事故防范处理 技术手册

主编：汤祚飞



黑龙江文化音像出版社

电力绝缘子选型、运行、检修及污闪、 雷害事故防范处理技术手册

主编 汤祚飞

第 二 卷

黑龙江文化音像出版社

附录 B

(资料性附录)

检修记录卡

运行单位：

检修单位：

时间： 年 月 日

电压等级		线路名称		工作负责人	
杆塔编号		线路色标		工作监护人	
更换前绝缘子 型号		厂家名称		出厂编号	
更换后绝缘子 型号		厂家名称		出厂编号	
检修项目					
工作开始时间		工作完成毕时间			
工作完成情况					
检修工艺自检结果		自检责任人			
工作小结					

第四节 绝缘子盐密测量试验标准化作业指导书

1 范围

本作业指导书适用于电力设备外绝缘盐密测量,规定了电力设备预防性试验、检修过程中的盐密测量试验项目的引用标准、仪器设备要求、作业程序、试验结果判断方法和试验注意事项等。制定本指导书的目的是规范试验操作,保证试验结果的准确性,为设备运行、监督、检修提供依据。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本作业指导书的引用而成为本作业指导书的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单或修订版均不适用于本作业指导书,然而,鼓励根据本作业指导书达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本作业指导书。

GB/T16434 高压架空线路和发电厂、变电所环境分区污级及外绝缘选择标准

DL408 电业安全工作规程(发电厂和变电所电气部分)

DL409 电业安全工作规程(电力线路部分)

3 安全措施

如果为现场测量,应遵守 DL 408《电业安全工作规程(发电厂和变电所电气部分)》及 DL 409《电业安全工作规程(电力线路部分)》的有关规定。

4 工作程序

4.1 设备清单和要求

4.1.1 擦洗绝缘子表面污秽的工具及要求

- a) 去离子水(或蒸馏水)——电导率小于 $10\mu\text{S}/\text{cm}$ 。
- b) 带刻度容器——用于定量量取去离子水(或蒸馏水)。使用前须用去离子水清洗干净。
- c) 专用盐密取样巾——用于擦洗绝缘子表面污秽。该取样巾由无纺布沾取少量乙醇溶液(化学纯)制成,制成后密封保存。该取样巾一次性

使用。使用该取样巾的优点在于现场使用方便,湿润的布可以轻松擦去绝缘子上的污秽,同时确保不占用去离子水量,亦不影响污秽溶液的电导率。

4.1.2 测量盐密所需仪器、仪表

目前,国内外主要使用电导率仪测取污秽溶液电导率,再经计算得到盐密。由于目前使用的电导率仪种类较多,操作人员应严格按照仪器说明书进行测量。

a) 国标 GB/T 16434 推荐使用的电导率仪型号为 DDS—11A (国产),配套电极有 3 支,温度计 1 支:

DJS—1 型白电极——用于测蒸馏水电导率;

DJS—1 型黑电极——用于测低电导率的污液;

1) 35—10 型黑电极——用于测高电导率的污液;

温度计——用于测污液温度。

使用上述电导率仪或类似的国产仪表需在测量中更换合适的电极,且因结构

问题电极易受损。

b) 国电公司武汉高压研究所开发的专用盐密测量仪体积与进口产品相当,且盐密的整套计算程序均编入仪器中,从使用到携带上均较为方便。

c) 目前,已有一些国外电导率仪产品进入国内,例如:美国产的 125A 型电导率仪,德国产的 LF330 型电导率仪,体积小巧,无需交流电源,携带及使用方便。相应的探头(电极)既适合于测量蒸馏水电导率,又适合于测量污液电导率,温度探头也做在其中,使用方便,且不易损坏。

4.2 作业程序

4.2.1 测试方法及试验步骤

4.2.1.1 伞裙或绝缘子片数的选取

a) 支柱绝缘。110 ~ 500kV 支柱绝缘子,带电绝缘子均应取上数第二片、中间一片、下数第二片三个单元裙段;非带电绝缘子应取任意位置的三片单元裙段。分别擦洗每个单元裙段的表面污秽,然后分别测量每

个单元裙段的污液电导率，并计算各单元裙段的盐密，最后取各单元裙段盐密值的均值作为整支绝缘子的盐密。

- b) 盘形悬式绝缘子串。110 ~ 500kV 绝缘子串，带电绝缘子均应取上数第二片、中间一片、下数第二片三片绝缘子；非带电绝缘子应取任意位置的三片绝缘子。分别擦洗每片绝缘子的表面污秽，然后分别测量每片绝缘子的污液电导率，并计算各片绝缘子的盐密，最后取各片绝缘子盐密值的均值作为整串绝缘子的盐密。

4.2.1.2 去离子水（蒸馏水）的用量

- a) 方法一：对单片普通型悬式绝缘子，建议用水量按 300 ml 取。当被测绝缘子（包括悬式绝缘子及支柱绝缘子的单元裙段）的表面积与普通型悬式绝缘子不同时，可根据面积大小按比例适当增减用水量，具体用水量见表 1。
- b) 方法二：按每 cm^2 表面积用水 0.2ml 计算总用水量。

表 1 绝缘子表面积与盐密测量用水量的关系

面积 cm^2	$\leq 1\,500$	$> 1\,500 \sim 2\,000$	$> 2000 \sim 2500$	$> 2\,500 \sim 3\,000$
用水量 ml	300	400	500	600

4.2.1.3 刷洗绝缘子表面污秽

- a) 打开密封袋，取出第一张专用盐密取样巾，擦拭绝缘子，直至绝缘子表面基本洁净。
- b) 取出第二张专用盐密取样巾，擦拭绝缘子，直至绝缘子表面完全洁净。
- c) 将上述两张沾有绝缘子污秽的取样巾放入准备好的去离子水中，充分搅拌，使污秽充分溶解在去离子水中，得到污秽溶液。

注：如果因绝缘子积污过重或绝缘子表面积过大，两张一组的盐密取样巾难以擦净绝缘子时，可以适当增加取样巾的数量。例如，以三张取样巾为一组用于擦洗一片绝缘子。

4.3 试验结果判断依据

- a) 将上述得到的悬浮污秽溶液充分搅拌均匀后，测其电导率 σ_t 和溶液温

度 t 。

- b) 将温度为 t 时的电导率 σ_t 换算至温度为 20°C 的电导率值。温度换算系数 K_t ，应根据表 2 插值得到。

$$\sigma_{20} = K_t \cdot \sigma_t$$

- c) 由 20°C 时的电导率 σ_{20} ，根据表 3 插值得出盐量浓度 S_a 。

- d) 按下式计算盐密：

$$S_{\text{DD}} = \frac{S_a \cdot V}{100 \cdot A}$$

式中 S_a ——盐量浓度， $\text{mg}/100 \text{ ml}$ ；

V ——去离子水量， cm^3 ；

A ——清洗表面的面积， cm^2 。

表 2 污秽绝缘子清洗液电导率温度换算系数表

t $^\circ\text{C}$	K_t	t $^\circ\text{C}$	K_t
1	* 1.651 1	16	1.099 7
2	* 1.604 6	17	1.073 2
3	* 1.559 6	18	1.047 7
4	* 1.515 8	19	1.023 3
5	* 1.4734	20	1.0000
6	* 1.432 3	21	0.977 6
7	* 1.3926	22	0.955 9
8	* 1.3544	23	0.935 0
9	* 1.3174	24	0.9149
10	1.281 7	25	0.895 4
11	1.248 7	26	0.876 8
12	1.216 7	27	0.858 8
13	1.185 9	28	0.841 6
14	1.156 1	29	0.825 2
15	1.127 4	30	0.809 5

注：本表换算系数根据 IEC 507：1991 插值得出，* 为与原水电部（83）23 号文有差异，最大为 1.9%。

也可以按下式直接由 20℃ 时的电导率 σ_{20} 计算得到盐密；

$$S_{DD} = \frac{(\sigma_{20}/24.56)^{1/K} \cdot V}{100 \cdot A}$$

式中 σ_{20} ——20℃ 时的电导率 σ_{20} , $\mu\text{S}/\text{cm}$;

V ——去离子水量, cm^3 ;

A ——清洗表面的面积, cm^2 ;

K ——换算指数。

当 $\sigma_{20} \leq 800 \mu\text{S}/\text{cm}$ 时, K 取 0.910;

当 $800 \mu\text{S}/\text{cm} < \sigma_{20} \leq 3\,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 时, K 取 0.925

当 $3\,000 \mu\text{S}/\text{cm} < \sigma_{20} \leq 20\,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 时, K 取 0.938。

表 3 污秽绝缘子清洗液电导率与盐量浓度的关系

S_s mg/100 ml	σ_{20} $\mu\text{S}/\text{cm}$	S_s mg/100 ml	σ_{20} $\mu\text{S}/\text{cm}$
224 00	202 600	150	2 601
16 000	167 300	100	1 754
11 200	130 100	90	1 584
8 000	100 800	80	1 413
5 600	75 630	70	1 241
4 000	55 940	60	1 068
2 800	40 970	50	895
2 000	29 860	40	721
1 400	21 690	30	545
1 000	15 910	20	368
700	11 520	10	188
500	8 327	8	151
350	6 000	6	114
250	4 340	5	96
200	3 439	4	77

注：本表与原水电部 (83) 23 号文的附表 2 略有不同

e) 污秽等级判断见表 4。

表 4 污秽等级

污秽等级	盐密 S_{DD} mg/cm^2	
	线路	发电厂, 变电站
0	≤ 0.03	—
1	$> 0.03 \sim 0.06$	≤ 0.06
2	$> 0.06 \sim 0.01$	$> 0.06 \sim 0.01$
3	$> 0.10 \sim 0.25$	$> 0.10 \sim 0.25$
4	$> 0.25 \sim 0.35$	$> 0.25 \sim 0.35$

4.4 注意事项

- a) 国外电导率仪产品中无盐密计算程序, 虽然仪表中编入了电导率的温度转换程序, 但所用转换系数与 CB/T 16434 不完全相符, 暂不宜使用该功能。
- b) 如果所测量瓷绝缘子非 XP 型绝缘子或积污时间非标准时间, 应进行结果修正, 再用于污秽等级判断。

5 原始记录与正式报告

5.1 对原始记录与正式报告的要求

- a) 原始记录的填写要字迹清晰、完整、准确, 不得随意涂改, 不得留有空白, 并在原始记录上注明使用的仪器设备名称及编号。
- b) 当记录表格出现某些“表格”确无数据记录时, 可用“/”表示此格无数据。
- c) 若确属笔误, 出现记录错误时, 允许用“单线划改”, 并要求更改者在更改旁边签名。
- d) 原始记录应由记录人员和审核人员二级审核签字; 试验报告应由拟稿人员、审核人员、批准人员三级审核签字。
- e) 原始记录的记录人与审核人不得是同一人, 正式报告的拟稿人与审核/批准人不得是同一人。
- f) 原始记录及试验报告应按规定存档。

5.2 原始记录的内容及格式

试验原始记录的内容及格式参考附录 A。

附 录 A

(资料性附录)

盐密测试原始记录

标识与编号			试验日期		
单 位			试验人员		
试 品					
审 核			记 录		
使用仪器					
试验结果					
试品编号	绝缘子型号	电 导 率 $\mu S/cm$	温 度 $^{\circ}C$	标准温度下的盐密值 mg/cm^2	
1 号					
2 号					
平均值 mg/cm^2					
系 数					
饱和盐密系数					
非带电系数					
积污时间系数					
形状系数					
修正盐密					
结 论					

附 录 B

(资料性附录)

常用绝缘子表面积及泄漏距离一览表

序号	绝缘子型号	上表面积 cm ²	下表面积 cm ²	总表面积 cm ²	泄漏距离 mm	生产厂家
1	FC70 ~ FC120/146 (127)	566	1 083	1 649	320	四川 自贡 塞迪 维尔 钢化 玻璃 绝缘 子有 限公 司
2	BC8 ~ BC12/146 (127)	566	1 083	1 649	320	
3	FC160/155 (146, 170)	825	1 492	2 317	380	
4	BC160/155 (146, 170)	825	1 492	2 317	380	
5	FC210/170	854	1 458	2 312	400	
6	FC300/195	1 020	2 157	3 177	485	
7	FC7P ~ FC12P/146	611	1 392	2 003	400	
8	BC8P ~ BC12P/146	611	1 392	2 003	400	
9	FC70P ~ FC120P/146	881	1 646	2 527	450	
10	BC80P ~ BC120P/146	881	1 646	2 527	450	
11	FC16P/155 (170)	895	1 794	2 689	450	
12	FC160P/170 (155)	1 198	2 541	3 739	550	
13	FC210P/170	1 183	2 536	3 719	550	
14	FC300P/195	1 627	3 718	5 345	690	
15	FC70D ~ FC120D/127 (146)	1 184	1 203	2 387	365	
16	FC160D/146 (155)	1 500	1 769	3 269	380	
17	FC210D/155 (170)	1 433	1 468	2 901	375	

续表

序号	绝缘子型号	上表面积 cm ²	下表面积 cm ²	总表面积 cm ²	泄漏距离 mm	生产厂家
18	LXY - 70 LXY4 - 70	648	862	1 510	320	南京 电气 集团 有限 公司 (原南 京电 瓷总 厂)
19	LXY - 100	548	862	1 410	320	
20	LXY - 120	648	862	1 510	320	
21	LXY - 160 LXY3 - 160 LXY4 - 160	773	1 325	2 098	380	
22	LXY3 - 210	859	1 459	2 318	390	
23	LXY - 240	859	1 459	2 318	390	
24	LXY - 300	1 097	2 041	3 138	485	
25	LXHY - 70 LXHY4 - 70	870	1 378	2 248	400	
26	LXHY5 - 70	975	1 601	2 576	450	
27	LXHY - 100	975	1 601	2 576	450	
28	LXHY4 - 120	975	1 601	2 576	450	
29	LXY3 - 210	859	1 459	2 318	390	
30	LXY - 240	859	1 459	2 318	390	
31	LXY - 300	1 097	2 041	3 138	485	
32	LXHY - 70 LXHY4 - 70	870	1 378	2 248	400	
33	LXHY5 - 70	975	1 601	2 576	450	
34	LXHY4 - 100	975	1 601	2 576	450	
35	LXHY4 - 120	975	1 601	2 576	450	
36	LXHY3 - 160 LXHY4 - 160 LXHY6 - 160	993	1 806	2 799	450	
37	LXHY5 - 160	1 256	2 415	3 671	545	
38	LXHY4 - 210	1 256	2 415	3 671	545	
39	LXAY - 120	946	784	1 730	360	
40	LXZY - 160	1 256	2 415	3 671	545	
41	LXZY - 210	1 256	2 415	3 671	545	
42	LXZY - 300	1 811	3 152	4 963	635	

续表

序号	绝缘子型号	上表面积 cm ²	下表面积 cm ²	总表面积 cm ²	泄漏距离 mm	生产厂家
43	XP-70	674	917	1 591	295	大连 电瓷 厂
44	XP-100	670	807	1 477	295	
45	XP-160	681	891	1 572	305	
46	XP-210	874	1 112	1 986	335	
47	XP2-210	950	1 337	2 287	370	
48	XP1-300	127	1 994	2 121	485	
49	XWP1-70	1 162	861	2 023	400	
50	XWP2-70	1 162	861	2 023	400	
51	XWP2-100	1 288	1 208	2 496	450	
52	XWP2-160	1 551	1 208	2 759	450	
53	XWP-210	1 423	1 360	2 783	450	
54	XD-70C	336	382	718	160	
55	XD-70CN	336	382	718	160	
56	XWP-7	1 210	803	2 013	410	
57	X-4.5	645	805	1 450	300	
58	XP-7	685	715	1 400	290	
59	XP-10	645	805	1 450	295	
60	LXP-7	685	715	1 400	290	

附录 C

(规范性附录)

绝缘子表面积测量方法

等值附盐密度(盐密)的测量、计算需要掌握所测量绝缘子的表面积,厂家提供了一些型号绝缘子的表面积,但仍有一些绝缘子未提供该项参数,这就需要操作人员自己进行测量。下面介绍一种表面积的测量、计算方法,以备使用。

绝缘子一般为旋转体,即由一条曲线绕轴线旋转而成,这条曲线即是泄漏

距离（爬距）。将这条曲线等分成若干等份，其中每一小段围绕绝缘子轴线旋转形成的旋转体近似构成一个圆台（或圆柱），计算出这些圆台（或圆柱）外侧的表面积之和就可得出整个绝缘子的表面积。

C.1 单个圆台的侧表面积

单个圆台的侧表面积为：

$$\begin{aligned} S_1 &= \pi (d_1 + d_2) \times \Delta L / 2 \\ &= \pi D_1 \times \Delta L \end{aligned}$$

式中 S_1 ——圆台侧表面积；

$d_1 + d_2$ ——圆台上、下面直径；

D_1 ——圆台平均直径；

ΔL ——圆台侧面高度。

C.2 整个绝缘子的表面积

整个绝缘子的表面积为：

$$\begin{aligned} S &= S_1 + S_2 + \cdots + S_n \\ &= \pi D_1 \times \Delta L + \pi D_2 \times \Delta L + \cdots + \pi D_n \times \Delta L \\ &= \pi (D_1 + D_2 + \cdots + D_n) \Delta L \end{aligned}$$

C.3 近似计算公式

当等分该曲线（爬距）的数量 n 越大（即 ΔL 越小），则绝缘子表面积的计算值越接近实际值，这时可以用该曲线各等份中任意一点处的直径 $D_1, D_2, \cdots, D_n$ 代替圆台的平均直径 $D_1, D_2, \cdots, D_n$ ，即将圆台近似为圆柱体，这样绝缘子表面积的近似计算公式为：

$$S = \pi (D_1 + D_2 + \cdots + D_n) \Delta L$$

C.4 总表面积计算

从上式可以看出，测量绝缘子表面积只需将其沿泄漏距离方向等分成 n 份，再将各份中的任意一点的直径 D_n 测出，即可计算得到总表面积。如果将绝缘子的泄漏距离按 1cm 等分，则总表面积为：

$$S = \pi (D_1 + D_2 + \cdots + D_n)$$

C.5 测量工具及方法

测量工具包括卡尺、卡钳、直尺、坐标纸（米格纸）。

将坐标纸条沿绝缘子泄漏距离（爬距）方向粘贴在绝缘子表面上，并在该纸条对称方向同样粘上一条。设定每等份长度为 1 cm，并在坐标纸上标上等份号（1, 2, …, n ），然后用卡尺、卡钳或其他测量工具测得各等份上某点处的直径，将这些直径相加后乘 π 即得出绝缘子表面积。

第十章 绝缘子相关产品资料

一、部分绝缘子表面积

部分绝缘子表面积见表 1-10-1。

表 1-10-1

部分绝缘子表面积

产品型号	产品代号	表面积 (cm) ²		符合的有关标准	厂 名	备 注
		总面积	下表面			
XHP—300	13652	3194		JB 3357—1983Q478—1987	大连电瓷厂	
XP—300	11652	2455		GB 1001—1986	大连电瓷厂	
	1222	2462		GB 1001—1986JB2569—1979	醴陵电瓷厂	
HPX—21	13352	3364		(辽大*) Q478—1987	大连电瓷厂	
XP—21	11522	1892		GB 1001—1986Q1466—1985	大连电瓷厂	
	1220	1794		GB 1001—1981JB2567—1979	醴陵电瓷厂	
XHP—16	13456	3007		JB 3357—1983Q478—1987	大连电瓷厂	钟罩型
XWP5—16	13458	2727		JB 3357Q78—1987	大连电瓷厂	深槽型
XWP2—16	13454	2619		Q478—1987	大连电瓷厂	双伞型
XWP—16	13452	2450			苏州电瓷厂	
XP3—16	11454	1934		GB1001—1986Q1466—1985	大连电瓷厂	
XP—16	11452	1530		GB1001—1986Q1466—1985	大连电瓷厂	
	1215	1580		GB1001—1981JD2569—1979	醴陵电瓷厂	
	1216	1965		JB2489—1978	醴陵电瓷厂	
	1147	1530	870		西安高压电瓷厂	
XHP1—16	1357	2460	1450		西安高压电瓷厂	钟罩型
XWP—100	13252	2492		JB 3357—1983Q478—1987	大连电瓷厂	
XP—100	11252	1620		GB 1001Q1466—1985	大连电瓷厂	

续表

产品型号	产品代号	表面积 (cm) ²		符合的有关标准	厂 名	备 注
		总面积	下表面			
	1209	1450	820		西安电瓷厂	
XHP—100	1135	2230	1310		西安高压电瓷厂	
XWP—7	24106	2100		GB 1001—1986	苏州电瓷厂	
XWP1—7	24110	2310		GB 1001—1986	苏州电瓷厂	
XWP—7	13152	1800		JB 3357—1983Q478—1987	大连电瓷厂	
	1137	2478		GB 1001—1981	醴陵电瓷厂	
XP—7C	11158 (7)	1395		GB 1001—1986Q1466—1985	大连电瓷厂	
XP—6 (C)	24003 (4)	1390	720	GB 1001—1980	苏州电瓷厂	
XWP1—6	24100	2070	540		苏州电瓷厂	
X—4.5 (C)	11054 (3)	1450		GB 1001—1967	大连电瓷厂	
	1107	1480		GB 1001—1967	醴陵电瓷厂	
	1123	1430	735	西安高压电瓷厂		
XW—4.5	1330	2200	615		西安高压电瓷厂	双伞型
XH2—4.5	1334	2080	1190		西安高压电瓷厂	钟罩型
LXP—7	132004	1500	880	GB 1001—1980GB7253—1987	南京电瓷厂	
CA—825MZ		2410	1440	IEC Pab383—1983	日本 NGK	
CA—837EZ		2900	1860		日本 NGK	
XZP—160	12452	3700	2555	IEC 438—1973 辽大 Q 1676—1986	大连电瓷厂	直流用
AC—735EZ		3695	2330		日本 NGK	自流用
AC—745EZ	3695		2330		日本 NGK	直流用

* 指辽宁大连电瓷厂。

二、全国部分电瓷厂商标

全国部分电瓷厂商标见表 1-10-2。